# APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA ESPACIALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE LORENA (SP)

Bruno Rodrigues do PRADO [1]
Emerson GALVANI [2]

## RESUMO

O trabalho em questão procura elaborar correlações existentes relacionadas à espacialização mais detalhada, precisa e coerente da precipitação pluviométrica, tendo como suporte de análise o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o estudo estatístico da sazonalidade desse fenômeno, permitindo uma melhor compreensão e atualização destas informações. Tal empenho se concentra no município de Lorena (22°45'S e 45°05'O), localizado no Vale do Paraíba Paulista (SP), espaço agrícola ainda carente de tais procedimentos.

Foram utilizados os totais pluviométricos mensais, disponibilizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, órgão gestor dos recursos hídricos do Estado de São Paulo, vinculado a Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento.

O SIG foi escolhido por disponibilizar um conjunto de tecnologias que possibilitam um tratamento, através de auxílios computacionais, aos dados geográficos, podendo ser utilizado como suporte na análise espacial de fenômenos e na geração de uma imensa gama de mapas georreferenciados.

Por sua vez, o entendimento dessa dinâmica processual auxiliaria na correta elaboração do Zoneamento Agrícola, visto que a água sempre foi um fator produtivo decisivo para a expansão da atividade, a tal ponto que lhe é atribuída, com frequência, um papel essencial na regionalização das atividades agropecuárias. Cabe ressaltar que o zoneamento é passo precedente fundamental para um melhor manejo de culturas, sendo necessário como subsídio ao produtor ou a qualquer atividade que promova o aumento da produtividade agrícola e a manutenção da sustentabilidade ambiental.

Além disso, com a espacialização da pluviosidade, pode-se estimar a quantidade de água disponível no solo em localidades onde não existam informações meteorológicas, pois os valores obtidos adquirem uma interface gráfica.

Visando suprir tais necessidades, buscou-se elaborar um trabalho que permitisse uma consulta mais detalhada e direta acerca da espacialização dos dados pluviométricos do município em questão, disponibilizando importantes informações para o conhecimento dessa dinâmica na região.

## INTRODUÇÃO

A mensuração e o registro de informações referentes a precipitação pluviométrica são fundamentais para a gestão dos recursos hídricos.

[1] Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de Geografia, brunorprado@yahoo.com.br.
[2] Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de Geografia, Professor Doutor, egalvani@usp.br.

No que remete a agricultura, o conhecimento dessa dinâmica se mostra útil em uma grande variedade de contextos, principlamente os relacionados ao manejo de culturas e ao controle da erosão hídrica.

Quando se propõe estimar a distribuição espacial da pluviosidade, objetivo central do trabalho, pretende-se, fundamentalmente, estabelecer e definir parâmetros para o aumento da produtividade e para a melhoria da qualidade da produção agrícola, visto que tais informações auxiliam os agricultores no manejo da irrigação, escolha da época mais apropriada para o preparo da terra, plantio, colheita, transporte, entre outros.

De acordo com (REICHARDT, 1990) a precipitação pluvial é a principal forma de retorno da água da atmosfera para o solo, e conseqüentente para as culturas alí instaladas. Entretanto, apenas a compreensão da magnitude e da freqüência desses eventos meteorológicos não suportam a elaboração de uma completa correlação entre pluviosidade e manejo agrícola.

Desse modo, se faz necessário a elaboração de uma correta distribuição espacial desses eventos, subsidiando em primeira análise o planejamento agrícola, principalmente o proposto para a instalação de culturas anuais, bem como o próprio zoneamento agriclimatológico. (ANGELOCCI et al, 2002) ressalta que o zoneamento agroclimatológico pode ser definido como a escolha das melhores áreas para a prática agrícola, bem como a seleção de espécies vegetais mais aptas para uma região definida.

Segundo (CARVALHO et al, 2002b), na grande maioria das vezes, as informações de precipitação pluviométrica estão disponívies para consulta pública em diversas fontes. Apesar disso, tais dados não permitem um entendimento da distribuição espacial, dificultando a consulta e a compreensão. Assim, o conhecimento dos valores pluviométricos geralmente ficam vinculados à área dos municípios, impedindo a compreensão da variabilidade e da disponibilidade hídrica oriunda da chuva dentro dos próprios limites municipais.

Cabe ressaltar que a rede pluviométrica encontrada no estado está muito aquem da ideal, não dispondo de um adensamento espacial e de uma homogeneidade temporal satisfatória. Desse modo, para suprir essas deficiências, é necessária a elaboração de procedimentos de interpolação espacial, obtendo informações em áreas ainda não amostradas.

Como não existe uma homogeneização hídrica condicionada a divisas municipais e sendo necessária uma estimativa coerente acerca da distribuição espacial da precipitação se aplicou, subsidiado pelo Sistema de Informações Geográficas, procedimentos que permitiram uma melhor caracterização e compreensão, de forma integrada e ampla, acerca desse elemento no município em questão.

O Sistema de Informações Gegráficas foi utilizado por possibilitar a manipulação de uma grande gama de dados espaciais, bem como aos seus respectivos atributos específicos, pemitindo a visualização e a sobreposição de inúmeras informações. Além disso, os SIGs dispõem da capacidade de armazenar, manipular e amostrar dados geograficamente referenciados. Assim, informações espacialmente distribuidas ganham um diferencial quando analisadas com esse ferramental.

O SIG ainda permite o reconhecimento de instrumentais que possibilitariam a elaboração e a definição de cenários evolutivos, permitindo simulações que tornariam as tomadas de decisões mais seguras e acertadas, por parte dos agricultores ou interessados na gestão dos recursos hídricos.

O trabalho elaborado se restringiu ao município de Lorena (22º 45’ Latitude Sul e 45º 05’ Longitude Oeste). O município em questão se encontra no Médio Vale do Rio Paraíba Paulista, localizado no lesnordeste do estado de São Paulo. Os principais acessos a região podem ser feitos pelas rodovias federais BR116 e BR459.

A região do Médio Vale do Paraíba apresenta grande importância na estrutura econômica do estado, decorrência de sua industrialização, urbanização e exploração agrícola, integrando o Eixo São Paulo – Rio de Janeiro.

De acordo com (CONTI, 1975) a proximidade com o litoral proporciona a essa região uma considerável influência decorrente da umidade oriunda do Oceano Atlântico. Entretanto, o Vale do Paraíba Paulista localiza-se em uma faixa transicional, onde existe alternância dos sistemas atmosféricos. Assim, os eventos pluviométricos acabam sendo condicinados fortemente pela ação das frentes.

Para a elaboração do trabalho foram utilizados os registros pluviométricos diários, obtidos através do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), os quais já haviam sido alocados no Sistema Integrado de Gerenciamneto de Recursos Hídricos (SIGRH), sistema esse que tem como objetivo a coleta, o armazenamento e a divulgação, através de web site, das informações referentes aos recursos hídricos no estado.

Durante a escolha dos postos pluviométricos, buscou-se a existência de um conjunto de dados que não apresentasse descontinuidade em sua série temporal e que dispusesse da maior variabilidade espacial possível.

A melhor opção existente para o município em questão restingiu-se ao ano de 1995, o que veio a possibilitar a análise de três postos pluviométricos distribuidos com relativa homogeneidade. Cabe ressaltar a existência e a disponibilidade de dados meteorológicos mais recentes. Entretanto, a desativação de alguns postos ou/e a inexistência de registros em alguns meses do ano acabaram por impedir que o trabalho se viabilizasse com tais registros.

Na Tabela 1 são descritos os postos utilizados para no trabalho, bem como informações adicionais relacionadas.

Tabela 1. Relação dos Postos Pluviométricos – Município de Lorena (Ano de 1995).

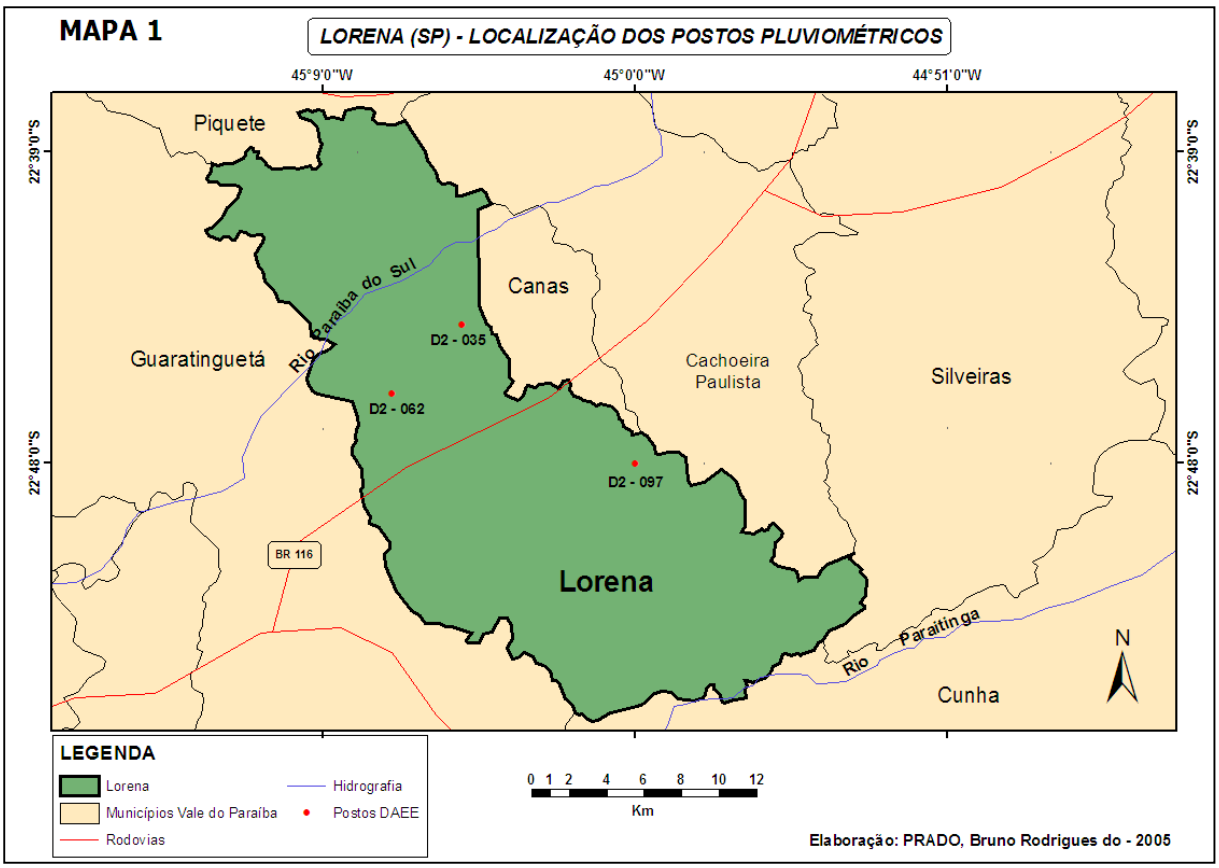
| Posto Pluviométrico | Latitude (Sul) | Longitude (Oeste) | Altitude (m) | Bacia Hidrográfica |
|---|---|---|---|---|
| D2 - 035 | 22° 44' | 45° 05' | 540 | Córrego dos Passos |
| D2 - 062 | 22° 46' | 45° 07' | 540 | Ribeirão Tabuão |
| D2 - 097 | 22° 48' | 45° 00' | 780 | Ribeirão das Canas |

Os dados pluviométricos obtidos no SIGRH continham os registros diários da precipitação atmosférica. Entretanto, foram utilizados os totais pluviométricos mensais, pois o objetivo do trabalho consistia na compreensão da distribuição espacial da precipitação, em intervalos de tempo superiores aos disponibilizados pelas informações.

Desse modo, se fez necessário o cálculo do total de precipitação acumulada para os meses do ano de 1995, o que englobou os três postos pluviométricos selecionados.

Cabe ainda ressaltar que o posto de prefixo D2-097 apresentava pequenas falhas (ausências de alguns registros diários) nos meses de Novembro e Dezembro de 1995, inconsistências que foram preenchidas pelas médias obtidas através de dados dos postos D2-035 e D2-062, pois estes não apresentaram falhas em suas séries.

O Mapa 1 ilustra a localização e a articulação dos postos pluviométricos utilizados para a elaboração do trabalho, bem como a compartimentação da área de estudo.




Mapa 1. Localização geográfica da área de estudo e distribuição dos postos pluviométricos.

## MÉTODOS e TÉCNICAS

O desenvolvimento do trabalho baseou-se na aplicação do SIG para a espacialização da pluviosidade no ano de 1995 no município de Lorena (SP). Buscou-se, desse modo, a elaboração de isoietas que delimitassem os totais pluviométricos mensais acumulados durante o período em questão.

De acordo com (VAREJÃO-SILVA, 2001) a construção de linhas que possibilitam a união de pontos com valores pluviométricos iguais é uma das técnicas mais utilizadas para se visualizar a distribuição espacial da precipitação atmosférica em um determinado intervalo de tempo.

Assim, para a elaboração das isoietas, foi necessário o cálculo dos valores mensais acumulados, posteriormente somados e espacializados através de registros bimestrais. A Tabela 2 nos remete a esses valores.

Tabela 2. Valores de pluviosidade acumulada (mm) – Município de Lorena (SP) – 1995.

| Posto | Jan / Fev | Mar / Abr | Mai / Jun | Jul / Ago | Set / Out | Nov / Dez | Total Pluviométrico (mm) - 1995 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D2 - 035 | 404,6 | 257,4 | 62,2 | 47,8 | 271,5 | 365,9 | 1409,4 |
| D2 - 062 | 411,9 | 214,3 | 47,8 | 49,2 | 232,9 | 327,7 | 1283,8 |
| D2 - 097 | 427,5 | 160,8 | 77,8 | 55,9 | 319,7 | 346,8 | 1388,5 |

Vale ainda ressaltar que, segundo (VAREJÃO-SILVA, op cit), se os elementos da amostra disponível se ajustarem bem ao modelo simétrico de distribuição, a média desses elementos poderia ser considerada como um estimador estatístico dos valores mais freqüentes do total de pluviosidade.

Através do Gráfico 1 é possível observar a distribuição temporal da precipitação, bem como a diferenciação dos valores pluviométricos nos três postos em questão. Nota-se a existência de dois períodos bem definidos no decorrer do ano, sendo o primeiro caracterizado pela considerável incidência de precipitação (meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e, um segundo período, no qual a disponibilidade de água oriunda da chuva se mostra consideravelmente diminuída (meses de Maio, Junho, Julho e Agosto).

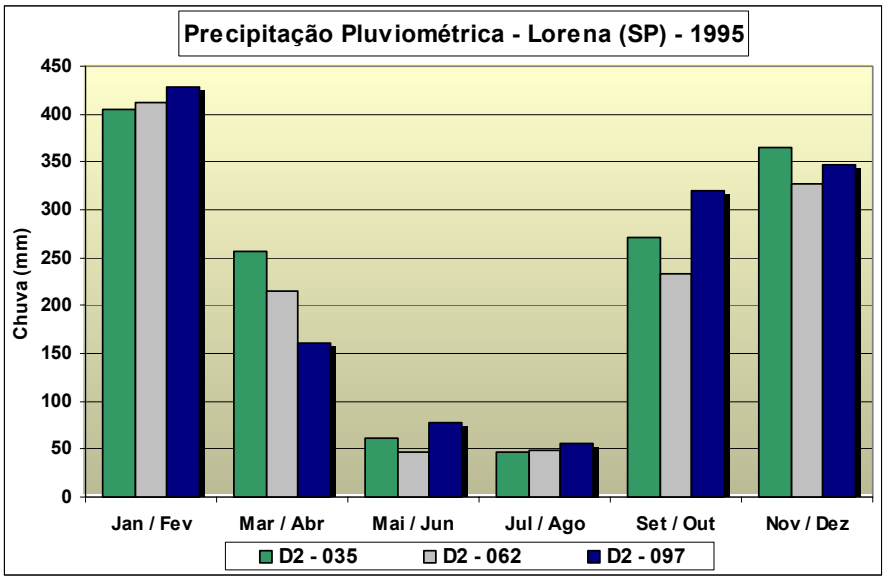



Gráfico 1. Precipitação pluviométrica Anual (1995) – Município de Lorena (SP).

Buscando a representatividade espacial proposta, foram elaborados um total de seis mapas temáticos, abrangendo a pluviosidade anual. Os mapas representam os totais pluviométricos obtidos nos postos escolhidos, englobando 2 meses de precipitação acumulada, sendo apresentados na forma de figuras.

Os mapas tematicos foram elaborados com o auxílio do software Surfer 7.0 (Surface Mapping System – Golden Software, Inc.), utilizando-se de uma metodologia de interpolação conhecida como krigagem. A interpolação realizada por esse método se fixa na utilização da dependência espacial entre amostras vizinhas, estimando valores dentro de regiões pré-definidas.

Assim, a Figura 1 se refere aos totais pluviométricos de Janeiro e Fevereiro, a Figura 2 representa os meses de Março e Abril, a Figura 3 espacializa a pluviosidade dos meses de Maio e Junho, a Figura 4 se remete aos meses de Julho e Agosto. As Figuras 5 e 6 se reportam aos meses de Setembro / Outubro e Novembro / Dezembro, respectivamente.

Entretanto, os intervalos temporais dos mapas temáticos podem ser reformulados de acordo com a necessidade ou aplicabilidade específica. Utilizou-se os intervalos descritos acima por se mostrarem mais representativos em termos de precipitação anual no município em questão.

Segundo (ASSAD et al, 2002a), esse método pode ser usado como ferramental geoestatístico de interpolação, aplicando-se ao estudo e visualização da distribuição espacial da precipitação pluviométrica. Além disso, um dos fatores que diferenciam os interpoladores geoestatísticos é a possibilidade de se estabelecer correlações espaciais entre observações adjacentes, subsidiando a estimativa de valores a locais não amostrados.

Cabe mencionar que, de acordo com (ROMANI et al, 2003), os mapas gerados pela krigagem facilitam a visualização de uma grande quantidade de dados numéricos. Para esse fim são utilizados algoritmos de interpolação, com a entrada de dados georreferenciados e a posterior geração de mapas baseados nessas funções definidas.

Para (ASSAD et al, 2003), no mapeamento de variáveis espaciais de atributos, há diferentes métodos disponíveis para a realização dessa tarefa. Assim, deve-se procurar os procedimentos que melhor atendam as necessidades existentes.

Apesar disso, alguns modelos não fornecem, com uma margem de confiança aceitável, informações relacionadas às incertezas espaciais referentes aos valores que estão sendo estimados, além de permanecerem as dúvidas relativas às dimensões consideradas na interpolação.

Vale lembrar que os dados utilizados nos modelos necessariamente estão vinculados a uma região geográfica, e estando georreferenciados, se diferenciam de bases de dados comuns.

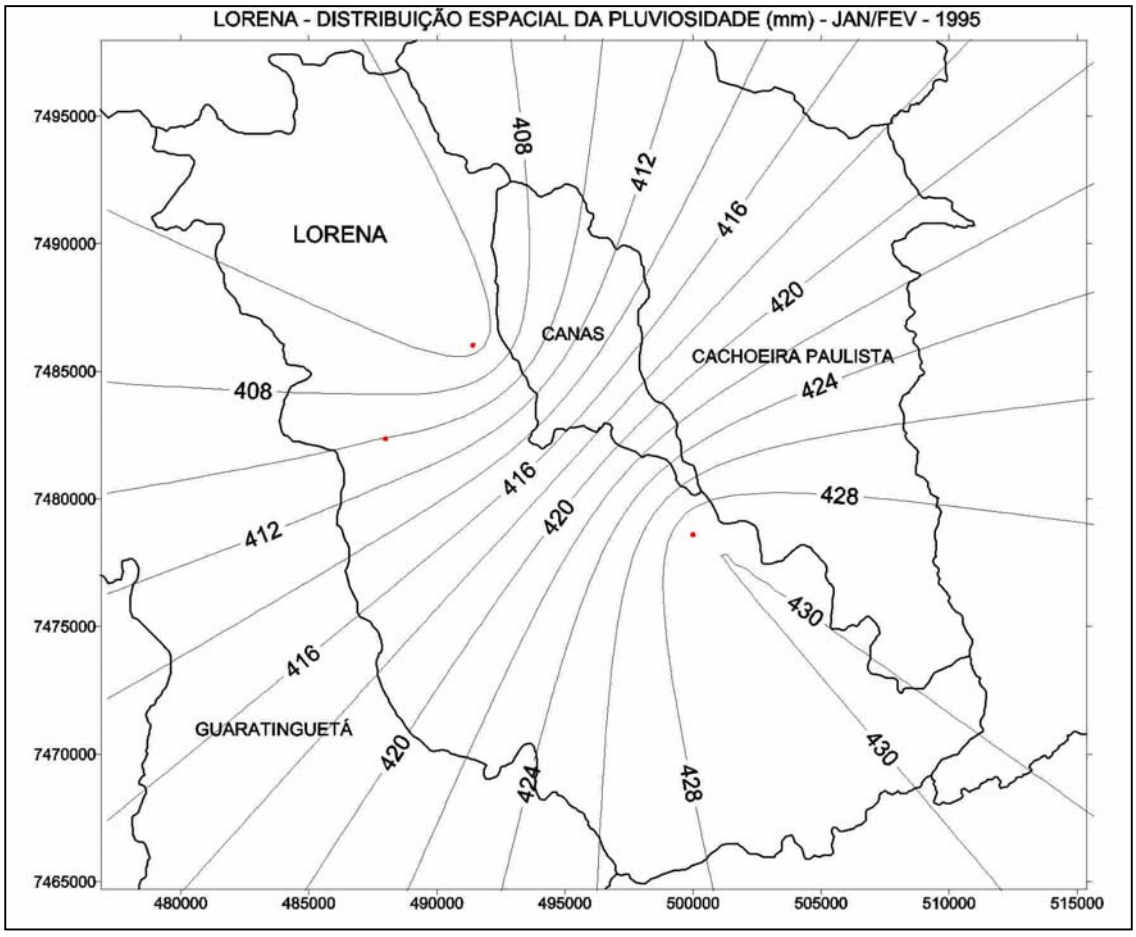



Figura 1 – Distribuição espacial da pluviosidade (mm) no Município de Lorena - JAN/FEV – 1995.

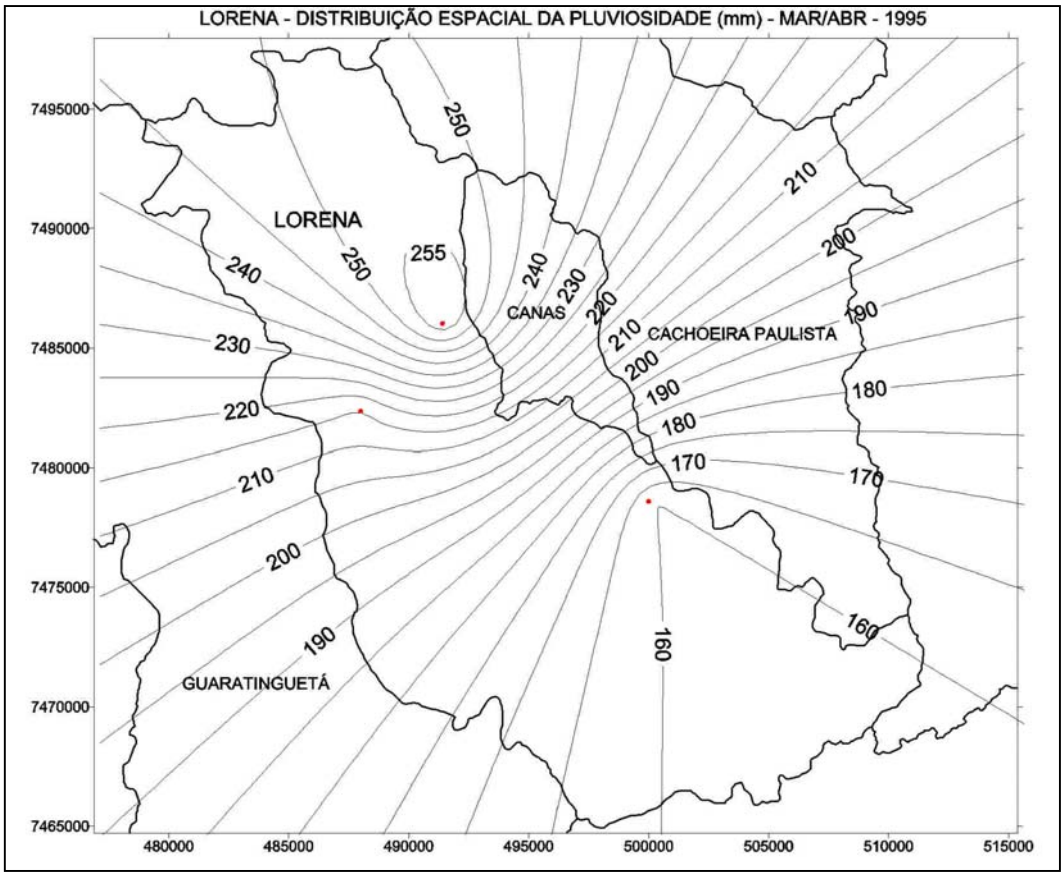



Figura 2 – Distribuição espacial da pluviosidade (mm) no Município de Lorena - MAR/ABR – 1995.

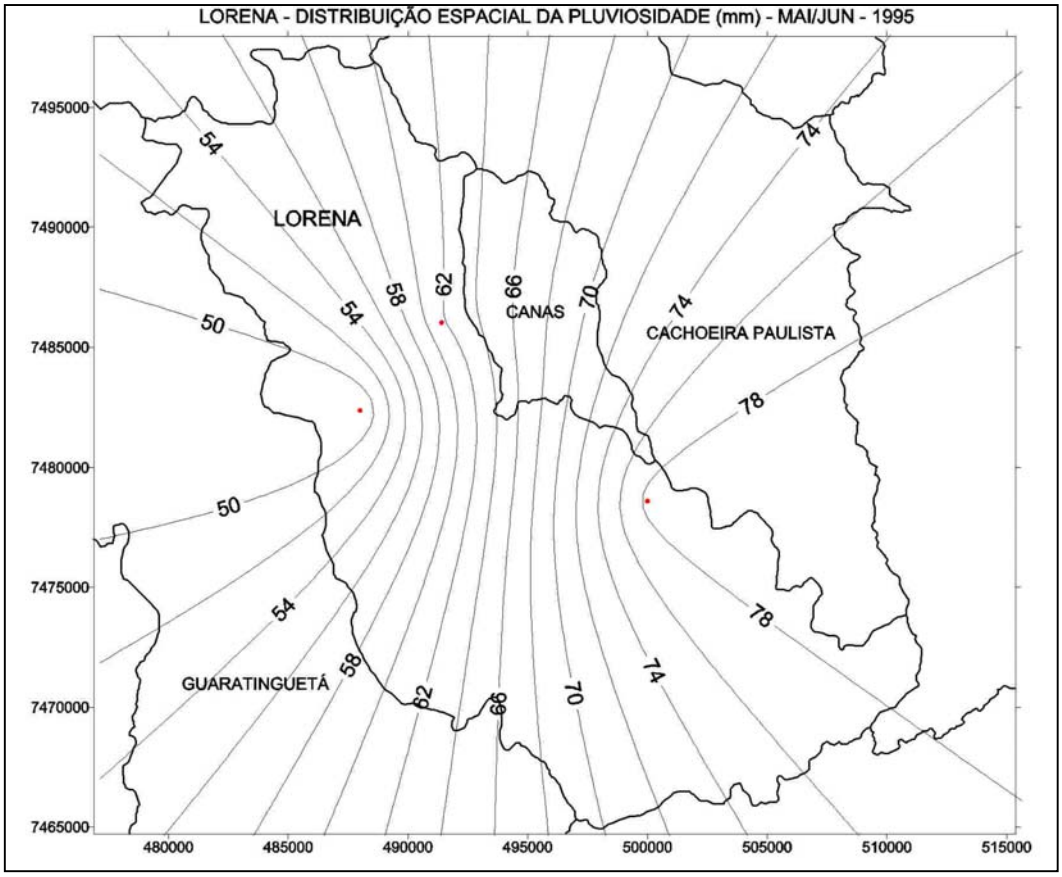



Figura 3 – Distribuição espacial da pluviosidade (mm) no Município de Lorena - MAI/JUN – 1995.

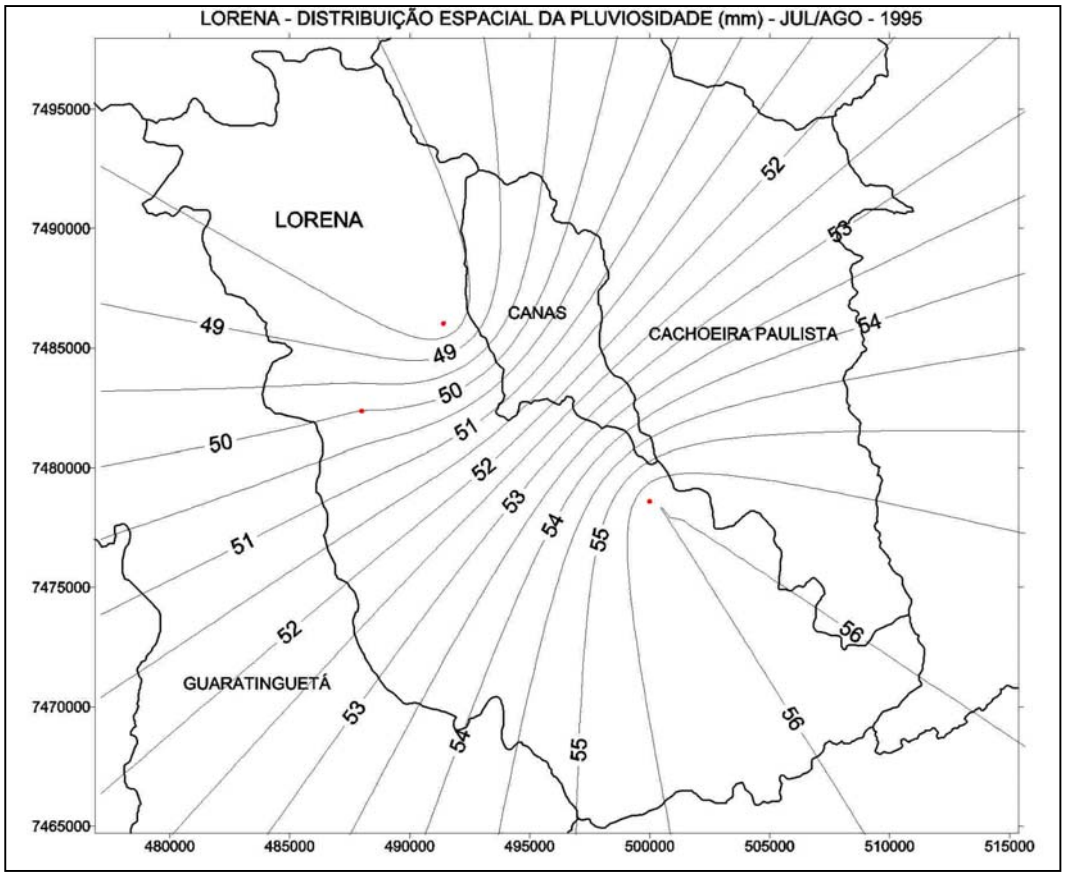



Figura 4 – Distribuição espacial da pluviosidade (mm) no Município de Lorena - JUL/AGO – 1995.

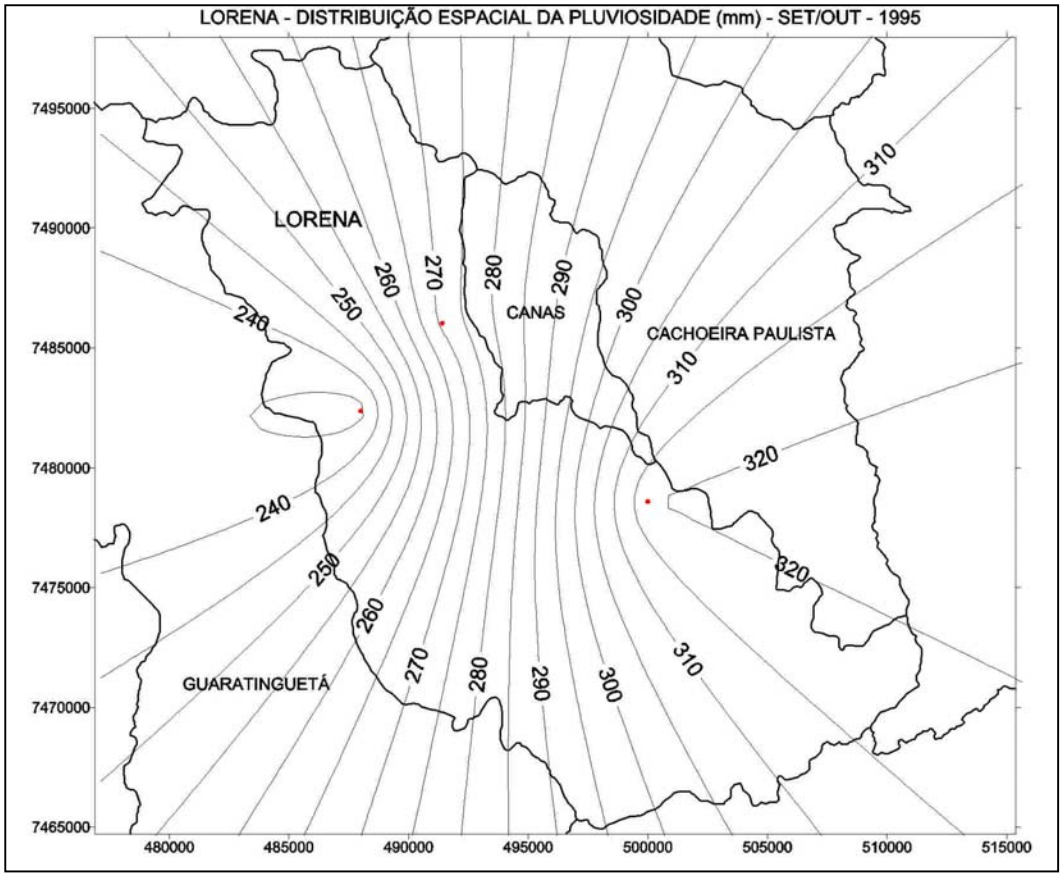



Figura 5 – Distribuição espacial da pluviosidade (mm) no Município de Lorena - SET/OUT – 1995.

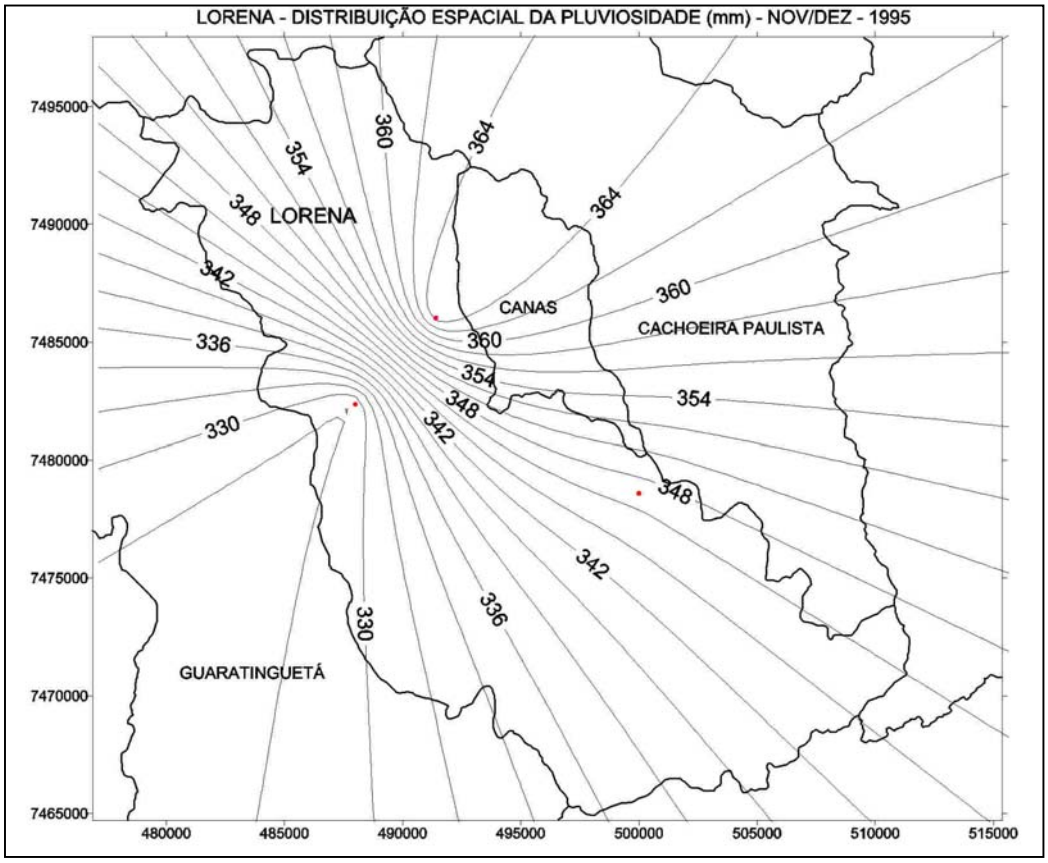



Figura 6 – Distribuição espacial da pluviosidade (mm) no Município de Lorena - NOV/DEZ – 1995.

Desse modo, buscou-se a elaboração de um trabalho que permitiu aos dados pluviométricos uma condição de espacialização mais detalhada, precisa e coerente com a realidade, tendo como interface gráfica alguns produtos cartográficos, gerados através de um Sistema de Informações Geográficas e do adensamento das informações meteorológicas de superfície, os quais vieram possibilitar uma maior compreensão e atualização desse importante fenômeno.

Sabe-se então que a pluviosidade atmosférica apresenta uma grande variabilidade, proporcionando diferentes condições hídricas.

## RESULTADOS

O presente trabalho demonstrou a aplicabilidade, a importância e a operacionalidade dos SIGs, instrumental utilizado para a compreensão da distribuição espacial da pluviosidade no município em questão.

O uso dessa ferramenta permitiu o entendimento da precipitação pluviométrica de forma mais ampla do que o tradicionalmente realizado, pois vinculou os totais pluviométricos a áreas mapeadas do próprio município, proporcionando o reconhecimento das mesmas.

Durante a apreciação dos totais pluviométricos anuais não foi possível definir grandes variações entre os postos, pois a amplitude se fixou em cerca de 125 mm de precipitação.

Entretanto, quando avaliamos os totais pluviométricos dos bimestres definidos para o trabalho, tal condição se modifica consideravelmente, pois se evidencia acentuada diferenciação nos postos em questão, com destaque para os meses de Março e Abril, no qual a variação encontrada foi de aproximadamente 100 mm de chuva entre os postos D2-035 e D2-097, bem como as variações encontradas nos meses de Setembro e Outubro, que se aproximaram dos 80 mm de chuva entre os postos D2-097 e D2-062.

Além disso, é aceitável delimitar espacialmente essa diferenciação, estimando uma tendência a ocorrência de maiores totais pluviométricos nas áreas ao Norte e principalmente a Sudeste do município, tendência essa fortemente influenciada pelos índices dos postos D2-035 e D2-097.

A utilização de mapas temáticos para a visualização de dados meteorológicos mostrou-se mais adequado para a interpretação de fenômenos que envolveram uma maior complexidade ou/e um grande número de dados.

Além disso, a consulta dessas informações se torna mais acessível a usuários não especializados, pois contém uma menor dificuldade na interpretação, principalmente quando comparada a dados expostos na forma de gráficos ou tabelas.

Também seria interessante uma avaliação mais abrangente do ponto de vista da acumulação histórica de dados, o que acabou não sendo possível de se realizar no decorrer deste trabalho. Essa maior abrangência poderia minimizar eventuais inconsistências decorrentes de flutuações acentuadas, que, segundo (VAREJÃO-SILVA, op cit), ocorrem durante a análise da distribuição temporal de totais mensais de precipitação.

Para um melhor aproveitamento agrícola e uma otimização na gestão dos recursos hídricos se faz necessária a elaboração de trabalhos dessa natureza, auxiliando na delimitação de áreas e períodos em que a deficiência hídrica ou o excedente pluviométrico tornam-se fatores limitantes da produção agropecuária.

O trabalho se mostrou como um exemplo de utilização do SIG na agricultura, comprovando de maneira direta a aplicabilidade desse conjunto de tecnologias e sua viabilização como instrumento gestor da informação.

## REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, Luiz Roberto; PEREIRA, Antonio Roberto; SENTELHAS, Paulo César. ***Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.*** Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002.

ASSAD, Eduardo Delgado; CARVALHO, José Ruy Porto de. ***Comparação de interpoladores espaciais univariados para precipitação pluvial anual no estado de São Paulo.*** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002a. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado Técnico n.° 33).

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji (Orgs). ***Sistemas de informações geográficas. Aplicações na agricultura.*** 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa - CPAC, 2003.

CARVALHO, José Ruy Porto de; QUEIROZ, Emilson França de. ***Uso de cokrigagem colocalizada na determinação da distribuição espacial de precipitação.*** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002b. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado Técnico n.° 21).

CONTI, José Bueno. ***Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista.*** 1975. Tese (Doutorado) – Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Plataforma de coleta de dados. Disponível em: **http://www.sigrh.sp.gov.br**>. Acesso em: Mar. 2005.

REICHARDT, K***. A água em sistemas agrícolas.*** São Paulo: Ed. Manole, 1990.

ROMANI, Luciana Alvim Santos; EVANGELISTA, Silvio Roberto Medeiros; JUNIOR, Jurandir Zullo; AGUIAR, Daniel; FONSECA, Marcelo. ***Geração on-line de Mapas Agrometeorológicos.*** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2003. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado Técnico n.° 47).

VAREJÃO - SILVA, Mário Adelmo. ***Meteorologia e Climatologia.*** Brasília: INEMET / Ed. Pax, 2001.